

تغییرات شاخص‌های حسی، شیمیایی، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) تحت فرآیند خشک کردن حرارتی و نگهداری تحت خلاء در ۴ درجه سانتیگراد

مسعود هدایتی فرد*

*hedayati.m@qaemshahriau.ac.ir

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ص.پ: ۱۶۳

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۴

چکیده

اثر خشک کردن حرارتی روی شاخص‌های حسی، شیمیایی، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها در طی زمان‌های ۴ تا ۲۴ ساعت، درون خشک کن آزمایشگاهی و با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و در ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سپس زمان لازم برای کاهش رطوبت به ۳۵ درصد در دمای ۶۰ درجه تعیین شد. محصول نهایی مورد بسته بندی خلاء و معمولی قرار گرفت. نتایج نشان داد خشک کردن اثری روی شاخص‌های حسی، جمعیت باکتریایی، pH و اسیدهای چرب آزاد نداشت اما روی افزایش شاخص‌های مجموع بازهای فرار (از ۴/۲۶ به ۱۸/۳۰ mg/100g)، پراکساید (از ۰/۴۶ به ۲/۳۶ meqO₂/Kg) و تیوباربیتوریک اسید (از ۰/۳۲ به ۰/۱۰۵ mgMDA/Kg) موثر بود ($P < 0.05$). خشک کردن موجب کاهش معنی‌دار ($p < 0.05$) شمارش کپک و مخمر (از ۱/۰۰ به ۰/۵۰ Log cfu/g) شد. همچنین فرآیند خشک کردن موجب افزایش معنی‌دار ($p < 0.05$) اسیدهای چرب اشباع (از ۳۰/۶۶ به ۳۴/۲۹ g/100g) و ω -6 (از ۵/۵۷ به ۷/۱۳ g/100g) و کاهش اسیدهای چرب غیراشباع از ۵۴/۶۲ به ۵۰/۵۶ g/100g، گروه‌های ω -3 (از ۱۶/۱۰ به ۷/۳۷ g/100g) و اسیدهای چند غیراشباع (از ۲۱/۷۶ به ۱۴/۵۰ g/100g) گردید. با این حال هنگام نگهداری در سردخانه مقادیر تمام پارامترهای کیفی تغییر کردند و شاخص‌های حسی و به ویژه بوی محصول نیز افت کردند. بار میکروبی محصولات خشک شده تحت خلاء که نسبت به نمونه‌های معمولی بصورت معنی‌داری ($p < 0.05$) کمتر بود، کیفیت بهتری داشتند؛ بطوریکه به ترتیب مقادیر جمعیت باکتریایی ۲/۰۵ و Log cfu/g ۳/۲۶ و کپک و مخمر ۱/۰۶ و Log cfu/g ۳/۵۲ شمارش شد. نتایج نشان داد بسته‌بندی تحت خلاء تاثیر روی شاخص‌های حسی نداشته‌است. همچنین هر دو محصول خشک شده در دوره ۳۰ روزه نگهداری شاخص‌های کیفی قابل قبولی داشتند اما محصولات بسته بندی شده تحت خلاء از کیفیت بهتری برخوردار بودند.

لغات کلیدی: اسید چرب، خشک کردن، کپور نقره‌ای، کیفیت

*نویسنده مسئول

مقدمه

در حال حاضر سرانه مصرف ماهی در دنیا ۱۹ کیلوگرم است (FAO, 2014) اما سرانه مصرف آبزیان در ایران همچنان پایین و مطابق آمار رسمی، در حدود ۱۰/۲ کیلوگرم برای هر نفر در سال می باشد (FAO, 2014). به منظور افزایش مصرف سرانه آبزیان بطوریکه به آمارهای متوسط مصرف جهانی نزدیک شود، تنوع و تعدد محصولات شیلاتی اهمیت پیدا می کند.

کپور نقره‌ای^۱ (*Hypophthalmichthys molitrix*) که با نام فیتوفاگ نیز شناخته می شود از ماهیان گرم آبی پرورشی است که بخش عمده ترکیب کشت مزارع را به خود اختصاص داده، متعلق به رده ماهیان استخوانی و از خانواده بزرگ کپور ماهیان است (Coad, 2015). این ماهی به دلیل تغذیه مستقیم از فیتوپلانکتون‌ها در سطح اول هرم غذایی، رشد سریع، زندگی گله‌ای، امکان تکثیر مصنوعی، هزینه تولید پایین و ضریب تبدیل غذایی مناسب، کیفیت مطلوب گوشت و ارزش غذایی مناسب، به عنوان یکی از فراوان‌ترین ماهیان پرورشی در تمام جهان شناخته می شود. این گونه به دلیل بافت فیزیکی خاص که دارای استخوان‌های متعدد ریز منشعب (یا اصطلاحاً تیغ فراوان) است، به صورت تازه کمتر مورد اقبال مصرف کنندگان است، لیکن در صورت عمل‌آوری از بازارپسندترین محصولات شیلاتی به حساب می آید (Fu et al., 2009).

ارزش غذایی ماهی به دلیل وجود اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ و ضرورت وجود آن در جیره غذایی انسان بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. ترکیب اسیدهای چرب ماهی از ویژگی‌های منحصر به فردی همچون حضور چند پیوند دوگانه در زنجیره کربن برخوردار است. تعداد این پیوندها در بافت ماهیان بین ۱ تا ۶ متغیر است و هر چه طول زنجیره بیشتر و تعداد پیوند دو گانه افزایش یابد از لحاظ ارزش غذایی اهمیت فرآورده فزونی می یابد (Ackman, 1995).

یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال گسترده ترین فرآیندهای حفظ مواد غذایی خشک کردن می باشد که با کاهش رطوبت، موجب کاهش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و تقلیل سرعت فعل و انفعالات شیمیایی، افزایش زمان ماندگاری، کاهش وزن و حجم مواد غذایی و افزایش سهولت در بسته بندی، حمل و نقل و انبارداری محصولات می شود (Minh, 2007; Horner, 1997). این فرآیند در هر دو روش صنعتی و خورشیدی (Industrial &

Sun Drying) به گونه‌ای اعمال می شود که در کنار حفظ مواد غذایی در مقابل فساد، به شاخص‌های کیفی فرآورده از جمله ارزش غذایی، طعم، عطر، رنگ و بافت کمترین صدمه ممکن وارد گردد (Doe, 1998).

منظور از خشک کردن گرفتن رطوبت از محصول است که با دور کردن آب در دسترس (a_w) از میکروارگانیسم‌های عامل فساد (Ashie et al., 1996)، باعث استحکام بافت گوشت ماهی، جلوگیری از خروج رطوبت داخلی و در نتیجه مانع ایجاد محیط مناسب برای رشد و نمو باکتری‌ها در پروتئین یا مواد ترشح شده از بدن ماهی شده (Eyo, 2001) و موجب تغییرات حسی مطلوبی نیز در فرآورده می شود (Mol et al., 2010; Andres et al., 2005). محققین رطوبت مناسب برای فرآورده‌های دریایی خشک شده را بین ۳۵ تا ۴۰ درصد عنوان نموده اند (Poulter et al, 1985; Doe, 1998; Minh, 2007) به طوریکه محصول هنگام مصرف، قابلیت جذب مجدد آب را داشته باشد. سرعت خشک شدن تابعی از سرعت جریان هوای گرم، وسعت سطح محصول و مقدار گرمایی است که در واحد زمان از هوای گرم به محصول منتقل می شود و در صورت ثابت بودن این شرایط، محصولی با کیفیت ثابت تولید می شود (Eves & Brown, 1993). بنابراین استفاده از خشک کن مصنوعی به دلیل اینکه هوای محیط از نظر درجه حرارت و رطوبت قابل تنظیم است، مفید خواهد بود. استفاده از خشک کردن مصنوعی یا مکانیکی این امکان را فراهم می سازد که فرآیند در محیطی بسته و تحت کنترل، با درجه حرارت معین ثابت ماهی را بدون آسیب، خشک کند (Doe & Olley, 1990). تاکید شده که بهتر است محصول خشک در سردخانه همراه با بسته بندی تحت خلاء (Vacuum Packaging) و یا اتمسفر اصلاح شده (MAP- Modified Atmosphere Packaging) (Minh, 2007; Guizani et al., 2008) باشد.

سوابق نشان می دهد در سالهای اخیر نیز تحقیقات متعددی در دنیا پیرامون بهبود شرایط تولید و نگهداری محصولات شیلاتی خشک شده صورت گرفته است. فرآیندهای حرارتی تغییراتی را در ترکیبات گوشت ماهی، به ویژه پروتئین بوجود می آورد (Doe, 1998). کاهش حلالیت ناشی از تجمع و تغلیظ پروتئین، که عمدتاً به وسیله تشکیل پیوندهای دی سولفید، همانند پیوندهای ایزوپپتید بوجود می آیند، از اثرات عمده این تغییرات است

پژوهش چروکیدگی بافت ماهی، میزان جذب دوباره آب و بازگشت مجدد خصوصیات فیزیکی محصول بررسی شد. همچنین خشک کردن با استفاده از میکروویو توسط Darvishi و همکاران (۲۰۱۳) نیز بر روی ماهی ساردین انجام و شاخص‌های کیفی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. در ایران نیز تحقیقات پیرامون خشک کردن ماهی از گذشته انجام شده است. Rezaei و همکاران (۲۰۰۹) ترکیبات مغذی عضلات ماهیان سفید، کپور معمولی و کپور علفخوار را مورد بررسی قرار دادند و ترکیب انواع اسیدهای چرب این گونه‌ها را قبل و بعد خشک شدن ناشی از دودی کردن شناسایی کردند. Moini و Javaheri (۲۰۰۴) کاربرد روش اسمزی در خشک کردن ماهی کلیکا را ارزیابی کردند و Moini و Jalili (۲۰۱۱) از فیله ماهی تون زردباله (*Thunnus albacares*) فرآورده خشک شیرین تولید و شاخص‌های کیفی و ارگانولپتیک آنها را مورد ارزیابی قرار دادند. تونا کندي (Tuna Candy) یا فرآورده خشک شیرین ماهی تون، از پختن قطعات غوطه ور شده ماهی در سس با ترکیب ویژه که حاوی سوربیتول و یا شکر نیز می‌باشد و نهایتاً خشک کردن محصول نهایی به دست می‌آید. همچنین تحقیقاتی روی خشک کردن و تهیه پودر از سوریمی از ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) (Bagheri-Mofidi et al, 2014) و اثر این فرآیند روی شاخص‌های کیفی و حسی ماهی کپور نمک سود (Khodanazari & Shabanpour, 2010) نیز صورت پذیرفت. از طرفی، بسته بندی ماهی یکی از روشهای موثر نگهداری و عرضه آن است. زمانی که ماهی تازه در مجاورت هوا نگهداری می‌شود، زمان ماندگاری آن محدود می‌گردد و با عنایت به افزایش خسارت اقتصادی ناشی از فساد، این نیاز وجود دارد که زمان ماندگاری از طریق بکاربردن روشهای ترکیبی دیگر، بطوری افزایش یابد، که محصول کمتر در معرض شرایط نامناسب قرار گیرد (Hedayatifard & Aroujalian, 2010). به عنوان مثال اگر فرآیند عمل آوری توام با بسته بندی تحت خلاء باشد، به دلیل خروج اکسیژن از محیط، اثر نگهداری آن بیشتر می‌شود؛ زیرا از یکسو شرایط شیمیایی محیط تغییر می‌کند و از سوی دیگر با ایجاد شرایط بدون اکسیژن، تواماً موجب کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و کاهش فرآیندهای اکسیداتیو می‌گردد (Gould, 1995). بسته بندی تحت خلاء می‌تواند هم برای ماهی تازه و هم برای محصول عمل آوری شده کاربرد داشته و همچنین

(Thippeswamy et al., 2001). از طرفی گسستگی-های مختلف عضلانی منجر به تخریب و دناتوره شدن پروتئین که در درجات مختلف حرارتی ایجاد می‌گردد، از ۶۰ درجه سانتیگراد در رشته‌های عضلانی میوزین شروع شده، تا ۸۱ درجه سانتیگراد برای رشته‌های عضلانی اکتین میرسد (Poulter et al., 1985). همچنین مطالعه Thippeswamy و همکاران (۲۰۰۱) که به منظور ارزیابی تغییرات بیوشیمیایی بافت خامه ماهی (*Chanos chanos*) پرورشی در ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد صورت پذیرفت، نشان داد که درجه حرارت بهینه برای حفظ بهینه بافت پروتئین ماهیان همان ۶۰ درجه حرارت است. تحقیقات مرتبط دیگر نیز نتایج مشابهی را نشان دادند؛ بطوریکه Raghunath و همکاران (۱۹۹۵) تغییرات بیوشیمیایی و تغذیه‌ای انواع ماهیان را طی خشک کردن در درجه حرارت‌های ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس بررسی و بهترین دما را برای حفظ پروتئین ماهی را ۶۰ درجه سانتیگراد برآورد نمودند. همچنین اثر فرآیند خشک کردن روی ترکیبات غذایی و شیمیایی گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) با استفاده از دود دادن و قرار دادن در آون (Chukwu & Shaba, 2009) و نیز توسط خشک کردن سنتی با آفتاب و دستگاه خشک کن (Akinwumi et al., 2011) مورد ارزیابی قرار گرفت و به دلیل حفظ بهتر شاخص‌های کیفی، روش صنعتی ترجیح داده شد. Ahmed و Howgate در سال ۱۹۷۲ تغییرات شیمیایی و باکتریایی بافت دو نوع ماهی کاد (*Gadus morrhua*) و نیز ماهی هیلسا (*Hilsa ilisha*) را طی حرارت دادن و خشک کردن در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار داده، سپس تغییرات ایجاد شده در پروتئین بافت ماهیان، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، pH و اکسیداسیون لیپیدها را مورد آنالیز قرار دادند. از طرفی Astawan و همکارانش در سال ۱۹۹۴ تغییرات شاخص‌های کیفی و تغذیه‌ای پروتئین ماهی تون هوور مسقطی (*Katsuwonus pelamis*) خشک شده و نمک سود شده طی دوره نگهداری را مورد بررسی قرار دادند. شاخص‌های کیفی و ارزش غذایی سوزنماهی دریایی نیز تحت فرآیند خشک کردن مورد بررسی قرار گرفت (Koral et al., 2009). همچنین Duan و همکارانش (۲۰۱۱) ماهی تیلاپیا را به دور روش صنعتی مایکروویو و هوای داغ خشک کرده و خصوصیات کیفی آن را مورد بررسی قرار دادند که در این

می‌تواند کیفیت محصول را به مدت بیشتری حفظ نماید و موجب افزایش عمر نگهداری، صرفه‌جویی، عرضه محصول با کیفیت بالا و امکان توزیع آن به فواصل دورتر گردد (Hedayatifard & Aroujalian, 2010). از طرفی فرآیند خلأ به همراه حرارت دهی می‌تواند روش مؤثر دیگری باشد که تحت عنوان خشک کردن تحت خلأ شناخته می‌شود. در این حالت سطح بالایی از خشکی بدون نیاز به افزایش زیاد دما قابل دستیابی بوده، به این ترتیب علاوه بر اینکه میتوان مواد حساس به دماهای بالا را در مدت زمان کوتاهی به خوبی خشک نمود، همزمان مانع از اکسید شدن مواد حساسی شد که در معرض هوا امکان اکسید شدنشان وجود دارد (Başlar et al., 2015).

با توجه سوابق مذکور، مشخص شده است که محصولات عمل‌آوری شده همچنان مورد توجه بازارهای مصرف قرار دارند و مطابق تحقیقات موجود خشک کردن به عنوان یکی از روش‌های عمل‌آوری مناسب و قابل دسترس ماهیان پرورشی، می‌تواند همچنان مد نظر قرار گیرد؛ از طرفی معمولاً محصولات تهیه شده در شرایط معمولی و یا تحت خلأ نگهداری می‌شوند؛ لذا با عنایت به اهمیت تهیه و نگهداری فرآورده‌های خشک ماهی، پژوهش حاضر به تاثیر فرآیند خشک کردن حرارتی بر روی شاخص‌های حسی، شیمیایی، جمعیت میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای پرداخته و زمان بهینه جهت تهیه محصول مناسب را مورد ارزیابی قرار داده و روند نگهداری آن را در شرایط معمولی و بسته بندی تحت خلأ مورد بررسی قرار می‌دهد.

مواد و روش

تهیه و آماده سازی محصول

در شهریورماه سال ۱۳۹۲ نمونه‌های تازه ماهی کپور نقره‌ای از مرکز پرورش ماهی (منطقه بابلسر، استان مازندران) خریداری و بیومتری گردید. میانگین وزن $15/50 \pm 800$ گرم و طول $15/6 \pm 55$ سانتیمتر تعیین شد. ماهیان از سمت شکمی به دو قسمت شکافته شده و پس از تخلیه امعاء و احشاء، خون و ضایعات خارج گردیده و مورد شستشو قرار گرفتند. ماهیان تازه جهت آزمایشهای مربوطه به آزمایشگاه منتقل شدند. سایر نمونه‌ها از سمت پوست (Skin-Side) درون لایه‌های آلومینیومی مشبک لفاف شده (Burt, 1998)، داخل آون الکتریکی با گستره درجه حرارت‌های ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد در پیش

تیمارهای زمانی ۴، ۸، ۱۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت خشک شدند تا رطوبت مورد نظر که ۳۵ درصد بود (Thippeswamy *et.al.*, 2001) به دست آید؛ بر این اساس فن‌آوری خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۸ ساعت انتخاب گردید. به محض خشک شدن نمونه‌ها، آزمایش‌های مربوطه بر روی آنها صورت پذیرفت و سپس مابقی نمونه‌ها جهت تکرار آزمونهای کیفی، شیمیایی و میکروبی، در دو گروه بسته بندی معمولی (AP-Air Pack) و بسته بندی تحت خلأ (VP-Vacuum Pack) با استفاده از دستگاه بسته بندی (Minipack, Italy) تقسیم شدند و نهایتاً در یخچال با درجه حرارت ۴+ درجه سانتیگراد ذخیره شدند.

آزمایشهای شیمیایی و میکروبی

آزمون‌های شیمیایی شامل تعیین و اندازه گیری پروتئین به روش کلدال، خاکستر و رطوبت با کوره الکتریکی (AOAC, 2005) و چربی به روش سرد و بر مبنای استفاده از حلال و بازیابی مجدد آن (Bligh & Dyer, 1959) انجام پذیرفت. شمارش کپک و مخمر با محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار (dextrose agar Potato) با انکوباسیون ۴ روزه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و شمارش جمعیت کلی باکتری‌ها (TC, Total Count) با محیط کشت نوترینت آگار (Nutrient agar) و کشت ۰/۱ میلی لیتر نمونه به مدت ۴۸ ساعت انکوباسیون (با انکوباتور Nuve-Germany) در درجه حرارت ۳۵ درجه سانتیگراد طبق دستورالعمل ارائه شده توسط Jay (2000) انجام شد. مقادیر pH با قرار دادن الکترود "پی اچ متر" (Metrohm, Swiss) در نمونه‌ی بافت ماهی، پس از رقیق شدن با آب مقطر (نسبت ۱ به ۲) اندازه‌گیری شد (ISO, 1999). ارزش پراکساید (PV) برحسب $\text{meqO}_2/\text{K}_{\text{fat}}$ (میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی)، اسیدهای چرب آزاد (FFA) برحسب درصد اولئیک اسید (OLA %) و تیو باریتوریک اسید (TBA) برحسب mgMD/Kg (میلی گرم مالون دهالئید در کیلوگرم) به عنوان شاخص‌های فساد چربی به روش (Kirk and Sawyer, 1991) و مجموع ازت-های فرار (TVB-N, Total Volatile Bases-Nitrogen) برحسب $\text{mg}/100\text{g}$ (میلی گرم در صد گرم) نیز به عنوان شاخص تخریب پروتئین محصول و به روش (Hasegawa, 1987) اندازه گیری گردید.

همچنین به منظور آنالیز آماری داده‌های حاصل از ارزیابی حسی از آزمون غیر پارامتریک کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) استفاده گردید. تست همگن بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف - اسمیرنوف انجام شده و نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نمودارها با استفاده از برنامه نرم افزاری ExcelTM 2010 ترسیم شد.

نتایج

ترکیبات تقریبی

شکل ۱ تغییرات رطوبت در طول فرآیند خشک کردن در درجه حرارت ثابت ۶۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد که طی آن در زمان‌های صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت، رطوبت دائماً کاهشی معنی‌دار داشته است ($p < 0.05$). رطوبت مورد نظر فرآیند (۳۵ درصد) در زمان ۱۸ ساعت حاصل شد و کمترین میزان رطوبت نیز در ساعت ۲۴ خشک کردن با $27/34 \pm 0/12$ به دست آمد. همچنین جدول ۱ ترکیبات تقریبی گوشت ماهی کپور نقره‌ای تازه و خشک شده را نشان می‌دهد. رطوبت کاهش و در مقابل سایر پارامترهای شیمیایی افزایش یافته‌اند که بیشترین تغییر مربوط به پروتئین بوده است ($p < 0.05$).

ارزیابی حسی

جدول ۲ نشان دهنده بافت ماهی کپور نقره‌ای در شرایط تازه، خشک شده و ۳۰ روز بعد از نگهداری در شرایط ۴ درجه سانتیگراد تحت دو حالت بسته بندی خلاء و معمولی را نشان می‌دهد. مطابق آن بین ماهی تازه و فرآورده تازه خشک شده در هیچ یک از شاخص‌های حسی اختلافی دیده نشد ($p > 0.05$) ولی بین نمونه‌های ماهی تازه با هر دو نمونه نگهداری شده در شرایط سردخانه (همراه یا بدون بسته بندی خلاء) در کلیه شاخص‌ها تفاوت دیده شد ($p < 0.05$). به غیر از بوی محصول، شاخص‌های حسی نمونه خشک شده نیز در دوره نگهداری بدون تغییر ماند ($p > 0.05$). بر اساس امتیازات حسی داده شده، خشک کردن بیشترین اثر را روی شاخص بو گذاشت و تمام شاخص‌ها نیز بعد از ۳۰ روز نگهداری در ۴ درجه سانتیگراد بین امتیاز خوب تا متوسط را دارا بودند. در بین تیمارها بالاترین امتیاز در رنگ بافت ماهی تازه با ۱۵/۶۹ حاصل شد ($p < 0.05$)، لیکن بین محصولات خشک شده در روز آخر نگهداری، تفاوتی بین نمونه‌های بسته‌بندی معمولی با نمونه‌های وکیوم شده دیده نشد.

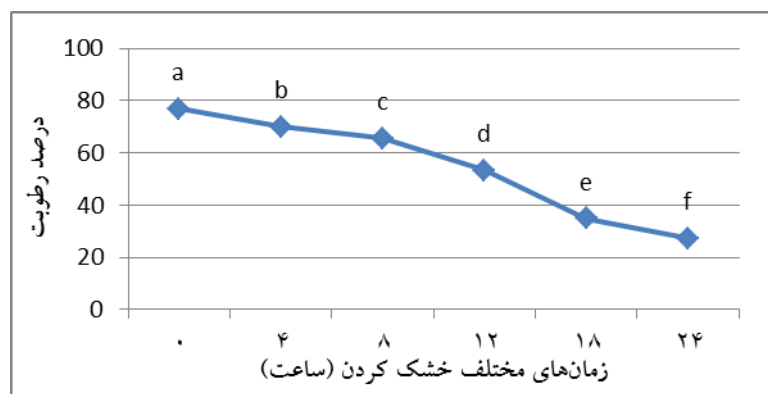
شناسایی پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب بوسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-7890 A, Agilent Technol) با دتکتور یونش شعله‌ای (FID) با لوله موئینه و ستون ۵۰ متر \times ۰/۲۵ میلی متر صورت گرفت (Hunt & Tekelioglu, 2008, Stansby, 1990). بطوریکه پس از استخراج چربی، متیل استرهای اسیدچرب توسط استری شدن و آنالیز اسیدهای چرب نمونه‌ها توسط GC انجام شد. هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق 240°C ، ردیاب 280°C ، ستون 160°C و حجم تزریق ۱ میکرو لیتر تعیین شد و دمای ستون ابتدا به مدت ۵ دقیقه در 160°C درجه سانتیگراد ثابت بود و سپس طی ۵ دقیقه دمای ستون به 180°C درجه سانتیگراد رسیده، ۱۰ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی ۵ دقیقه دما به 200°C درجه سانتیگراد رسید و پس از یک دقیقه به دمای 220°C درجه رسید و ۵ دقیقه نیز در این دما نگه داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. سرعت گاز حامل ۰/۵ مقدار تزریق ۱ میکرو متر و نرخ شکافت (Split ratio) ۱:۱۰ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Merck KGaA, Germany) و برحسب $g/100g$ (گرم در صد گرم چربی) تعیین شدند.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی و ارگانولپتیکی مورد نظر با ارزیابی پارامترهای رنگ ظاهری، بافت، طعم و مزه، بو و پذیرش کلی و مطابق روش پیشنهادی لودرف و مایر (۱۹۷۳) و با پانلیست نیمه آموزش دیده انجام گرفت. بطوریکه برای ارزیابی پارامترهای حسی نمونه‌ها در چهار درجه کیفی با روش ۱۶ نمره‌ای بررسی شدند و طی آن به نمونه‌های دارای درجه کیفی ۱ نمره ۱۶-۱۵، درجه کیفی ۲ با نمره ۱۴/۹۰-۱۳، درجه کیفی ۳ نمره ۱۲/۹۰-۱۱، درجه کیفی ۴ با امتیاز ۱۰/۹۰-۶ و نمونه‌های غیر قابل مصرف، امتیاز کمتر از ۶ داده شد؛ امتیازات اعضاء پانل مورد محاسبه قرار گرفت (Ludroff & Meyer, 1973).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج تمامی آزمون‌ها از میانگین سه تکرار بدست آمد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) و با استفاده از برنامه نرم افزاری SPSS11.05 انجام و جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها، از آزمون جداساز Duncan در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0/05$) استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها بین دو نمونه از آزمون T-Test و



شکل ۱: تغییرات رطوبت بافت ماهی کپور نقره‌ای هنگام خشک شدن در ۶۰ درجه سانتیگراد در زمان‌های مختلف حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۱: آنالیز ترکیبات تقریبی گوشت ماهی کپور نقره‌ای تازه و خشک شده

تیمار		ترکیبات تقریبی
ماهی خشک شده	ماهی تازه	
$35/04 \pm 0/65^b$	$77/05 \pm 0/46^a$	رطوبت
$26/43 \pm 0/53^a$	$17/31 \pm 0/13^b$	پروتئین
$12/09 \pm 0/32^a$	$4/01 \pm 0/09^b$	چربی
$5/06 \pm 0/05^a$	$1/23 \pm 0/02^b$	خاکستر

حروف مشابه بین دو نمونه حاکی از عدم اختلاف بین تیمارها است ($p > 0.05$).

جدول ۲: ارزیابی ارگانولپتیک و حسی گوشت ماهی کپور نقره‌ای خشک شده در زمان‌های مختلف نگهداری

تیمارهای مورد مطالعه				شاخص حسی
ماهی تازه	ماهی تازه خشک شده	ماهی خشک شده ۳۰ روز	ماهی خشک شده وکیوم روز ۳۰	
$15/69 \pm 0/05^a$	$14/22 \pm 0/09^{ab}$	$11/23 \pm 0/25^b$	$12/71 \pm 0/15^b$	رنگ
$15/21 \pm 0/02^a$	$14/27 \pm 0/11^{ab}$	$11/10 \pm 0/23^b$	$11/75 \pm 0/10^b$	طعم و مزه
$14/59 \pm 0/03^a$	$14/31 \pm 0/12^a$	$10/13 \pm 0/09^b$	$11/02 \pm 0/16^b$	بو
$15/39 \pm 0/11^a$	$13/51 \pm 0/06^{ab}$	$11/40 \pm 0/20^b$	$11/43 \pm 0/11^b$	بافت
$15/22 \pm 0/26^a$	$14/25 \pm 0/34^{ab}$	$10/97 \pm 0/32^b$	$11/71 \pm 0/40^b$	پذیرش کلی

تعداد ارزیاب ۱۵ نفر؛ حروف کوچک نامشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در هر ردیف است ($p < 0.05$).

تغییرات شاخص‌های شیمیایی و میکروبی

جدول ۳ تغییرات pH و شاخص‌های شیمیایی بافت ماهی کپور نقره‌ای در شرایط تازه، خشک شده و ۳۰ روز بعد از نگهداری در شرایط یخچال تحت دو حالت بسته بندی خلاء و معمولی را نشان می‌دهد. pH طی فرآیند خشک کردن بدون تغییر ماند لیکن در دوره نگهداری تا ۶/۹۲ و ۶/۸۶ به ترتیب در نمونه‌های بسته بندی معمولی و تحت خلاء افزایش یافت که بدون تاثیر در روش بسته بندی و نگهداری بود ($p < 0.05$).

شاخص TVB-N طی فرآیند خشک کردن و نگهداری به صورت معنی‌داری افزایش یافته است و از ۴/۲۶ در ماهی تازه به ۱۸/۳۰ mg/100g در محصول خشک ($p < 0.05$) و نهایتاً به ۳۰/۰۵ و ۲۴/۳۵ mg/100g به ترتیب در نمونه‌های معمولی و بسته بندی تحت خلاء

رسید ($p < 0.05$). گروه شاخص‌های فساد چربی شامل PV، TBA و FFA روند افزایشی نشان دادند؛ شاخص PV بین ماهی تازه و خشک شده (به ترتیب با ۰/۴۶ و ۲/۳۶ meqO₂/Kg) متفاوت بود و بالاترین مقدار ثبت شده آن نیز در نمونه نگهداری شده در شرایط معمولی با ۴/۰۲ meqO₂/Kg به دست آمد. در هر سه این شاخص-ها، ۳۰ روز بعد از نگهداری در دمای ۴ درجه سانتیگراد، بین دو نمونه از لحاظ بسته بندی اختلاف دیده شد ($p < 0.05$). با این حال کمترین و بیشترین مقدار TBA به ترتیب با ۰/۳۲ و ۱/۰۶۵ mgMDA/Kg در نمونه-های بافت تازه و نگهداری شده با بسته بندی معمولی دیده شد؛ این شرایط عیناً در شاخص FFA و به ترتیب با ۰/۳۶ و ۱/۵۶ درصد دیده شد ($p < 0.05$).

جدول ۳: تغییرات شاخص‌های شیمیایی ماهی کپور نقره‌ای طی فرآیند خشک کردن و نگهداری در ۴°C

شاخص کیفی	تیمار			
	ماهی تازه	ماهی تازه خشک شده	ماهی خشک شده	ماهی خشک شده و کیوم
		روز ۳۰	روز ۳۰	روز ۳۰
pH	۶/۳۴ ^a ± ۰/۰۵	۶/۴۷ ^a ± ۰/۱۰	۶/۹۲ ^b ± ۰/۰۶	۶/۸۶ ^b ± ۰/۰۵
TVB-N mg/100g	۴/۲۶ ^d ± ۰/۱۲	۱۸/۳۰ ^c ± ۰/۲۵	۳۰/۰۵ ^a ± ۰/۲۳	۲۴/۳۵ ^b ± ۰/۳۶
PV meqO ₂ /kg	۰/۴۶ ^c ± ۰/۰۱	۲/۳۶ ^b ± ۰/۱۰	۴/۰۲ ^a ± ۰/۱۱	۳/۱۰ ^b ± ۰/۰۶
TBA mgMDA/kg	۰/۰۳۲ ^d ± ۰/۰۱	۰/۱۰۵ ^c ± ۰/۰۲	۱/۰۶۵ ^a ± ۰/۰۶	۰/۶۵۱ ^b ± ۰/۱۰
FFA % OLA	۰/۳۶ ^c ± ۰/۰۳	۰/۵۵ ^c ± ۰/۰۸	۱/۵۶ ^a ± ۰/۱۱	۱/۲۳ ^b ± ۰/۰۴

حروف مختلف در هر ردیف نشانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p < 0.05$).

توانست جمعیت باکتریایی را به ۲/۰۵ Log cfu/g کنترل کند ($p < 0.05$). مقادیر کپک و مخمر نیز در ماهی تازه برابر با ۱ Log cfu/g بود که بعد از خشک کردن با کاهشی معنی‌دار به ۰/۰۵ Log cfu/g رسید ($p < 0.05$). بالاترین میزان کپک و مخمر در نمونه نگهداری شده با بسته بندی معمولی با ۳/۵۲ Log cfu/g شمارش شد که با محصول تحت خلاء متفاوت بود ($p < 0.05$).

جدول ۴ نوسان بار میکروبی در بافت ماهی کپور نقره‌ای در شرایط تازه، خشک شده و ۳۰ روز بعد از نگهداری در شرایط ۴ درجه سانتیگراد تحت دو حالت بسته بندی تحت خلاء و معمولی را نشان می‌دهد و مطابق آن طی خشک کردن جمعیت باکتریایی بدون تفاوت معنی‌داری باقی ماند ($p > 0.05$) ولی در دوره نگهداری ۳۰ روزه در یخچال در نمونه معمولی به ۳/۲۶ Log cfu/g افزایش یافت ($p < 0.05$)؛ درحالی‌که بسته بندی تحت خلاء

جدول ۴: شمارش جمعیت میکروبی و مجموع کپک و مخمر بافت ماهی کپور نقره‌ای طی فرآیند خشک کردن و نگهداری در ۴°C (Log cfu/g)

تیمارهای مورد مطالعه				بار میکروبی
ماهی تازه	ماهی خشک شده	ماهی خشک شده روز ۳۰	ماهی خشک شده وکیوم روز ۳۰	
۲/۴۰ ^b ± ۰/۰۳	۲/۶۵ ^b ± ۰/۱۴	۳/۲۶ ^a ± ۰/۱۵	۲/۰۵ ^c ± ۰/۰۵	جمعیت کل باکتریایی
۱/۰۰ ^b ± ۰/۲۰	۰/۰۵ ^c ± ۰/۰۰	۳/۵۲ ^a ± ۰/۰۵	۱/۰۶ ^b ± ۰/۱۰	مجموع کپک و مخمر

حروف مختلف در هر ردیف نشانگر اختلاف معنی‌دار بیت تیمارها می‌باشد (p<0.05).

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب

جدول‌های ۵ و ۶ به ترتیب پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای تازه و خشک شده را نشان می‌دهد. در هر دو نمونه تازه و خشک شده اسید اولئیک (C18:1) به ترتیب با ۲۳/۰۵ و ۲۵/۰۲ g/100g (p>0.05) بالاترین میزان اسید چرب را به خود اختصاص دادند. بالاترین اسید چرب سری چند غیراشباع (PUFA) دکوزا پنتانوئیک اسید -ω-6 (DHA C22:6) (3 با ۶/۵۳ g/100g در نمونه تازه و آلفا-لینولنیک اسید (C18:3 ω-3) با ۴/۰۶ g/100g در محصول خشک شده بودند.

جدول ۵: ترکیب پروفایل اسیدهای چرب گوشت ماهی کپور نقره‌ای تازه و خشک شده (گرم در ۱۰۰ گرم چربی)

تیمارهای مورد مطالعه		نوع اسید چرب	سری امگا	فرمول کربنی	نام اسید چرب
ماهی کپور تازه	ماهی کپور خشک شده				
۳/۶۸ ± ۰/۰۲ ^a	۴/۰۹ ± ۰/۰۱ ^b	اشباع	-	C14:0	میرستیک اسید
۲۱/۸۵ ± ۰/۰۶ ^a	۲۴/۱۱ ± ۰/۱۱ ^b	اشباع	-	C16:0	پالمیتیک اسید
۵/۱۳ ± ۰/۰۳ ^a	۶/۰۹ ± ۰/۰۳ ^b	اشباع	-	C18:0	استئاریک اسید
۹/۸۱ ± ۰/۱۶ ^a	۱۱/۰۵ ± ۰/۰۳ ^b	غیراشباع منوئن	ω-7	C16:1	پالمیتولئیک اسید
۲۳/۰۵ ± ۰/۰۵ ^a	۲۵/۰۲ ± ۰/۲۳ ^a	غیراشباع منوئن	ω-9	C18:1	اولئیک اسید
۴/۶۵ ± ۰/۰۶ ^a	۶/۱۷ ± ۰/۱۵ ^a	غیراشباع دی‌ئن	ω-6	C18:2	لینولئیک اسید
۵/۳۱ ± ۰/۰۳ ^a	۴/۰۶ ± ۰/۰۲ ^b	غیراشباع پلی‌ئن	ω-3	C18:3	آلفا لینولنیک اسید
۱/۰۱ ± ۰/۰۱ ^a	۲/۰۲ ± ۰/۰۱ ^b	غیراشباع پلی‌ئن	ω-6	C20:4	آراشیدونیک اسید
۴/۲۶ ± ۰/۰۵ ^a	۱/۲۱ ± ۰/۰۱ ^b	غیراشباع پلی‌ئن	ω-3	C20:5	ایکوزاپنتانوئیک اسید EPA
۶/۵۳ ± ۰/۱۲ ^a	۲/۱۰ ± ۰/۰۳ ^b	غیراشباع پلی‌ئن	ω-3	C22:6	دوکوزاهگزانوئیک اسید DHA
۸۵/۲۸	۸۴/۸۶	مجموع شناسایی شده			

حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین دو نمونه است (p<0.05).

جدول ۶: ترکیب درصد گروه‌های اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای تازه و خشک شده (گرم در ۱۰۰ گرم چربی)

تیماهای مورد مطالعه		گروه اسید چرب
ماهی کپور خشک شده	ماهی کپور تازه	
۳۴/۲۹±۱/۱۵ ^b	۳۰/۶۶±۰/۱۱ ^a	مجموع اشباع (SFA)
۵۰/۵۶±۰/۳۷ ^b	۵۴/۶۲±۱/۲۱ ^a	مجموع غیراشباع (UFA)
۳۶/۰۷±۰/۲۶ ^b	۳۲/۸۶±۱/۲۱ ^a	مجموع تک غیراشباع (MUFA)
۱۴/۵۰±۰/۱۱ ^b	۲۱/۷۶±۰/۲۷ ^a	مجموع چند غیراشباع* (PUFA)
۱/۴۷±۰/۰۳ ^a	۱/۷۶±۰/۰۴ ^a	نسبت غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)
۷/۳۷±۰/۰۶ ^b	۱۶/۱۰±۰/۲۰ ^a	مجموع امگا-۳ (ω-3)
۷/۱۳±۰/۰۵ ^b	۵/۵۷±۰/۰۷ ^a	مجموع امگا-۶ (ω-6)
۳/۳۱±۰/۰۴ ^b	۱۰/۷۹±۰/۱۷ ^a	مجموع (C20+C22) EPA+DHA
۱/۰۳±۰/۰۲ ^b	۲/۸۹±۰/۰۲ ^a	نسبت امگا-۳ به امگا-۶ (ω-3/ω-6)
۰/۱۴±۰/۰۱ ^b	۰/۴۹±۰/۰۳ ^a	شاخص پلی ن: DHA+EPA / C16
۸۳/۵۹	۷۸/۵۲	مجموع شناسایی شده

حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی‌دار بین دو نمونه است ($p < 0.05$).

* اسید لینولئیک C18:2 نیز در زمره PUFA محاسبه شد.

افزایش و بالعکس رطوبت آن کاهش می‌یابد. در دمای ثابت ۶۰ درجه سانتیگراد، رطوبت ظرف ۴ ساعت از ۷۷/۰۵ به ۶۴/۶۰ درصد و ظرف ۱۸ ساعت به ۳۵/۰۴ درصد رسید (شکل ۱) که رطوبت تعیین شده برای خشک شدن ماهیان استخوانی است (Thippeswamy et al., 2001). بیان شده است که رطوبت ماهی حتی در هوای با سرعت ثابت و دمای صفر درجه سانتیگراد هم کاهش می‌یابد (Minh, 2007). پژوهش حاضر نشان داد که خشک کردن موجب کاهش تا ۳۴ درصدی رطوبت بر مبنای وزن تر می‌گردد (شکل ۱ و جدول ۱). در سایر روشهای حرارت دهی به ماهی همانند پخت با آون و حتی بخارپز کردن نیز کاهش ۲۰ تا ۲۵ درصدی رطوبت گزارش شد (Ghauomi Jooyani و همکاران، 2011). در عین حال محتوی خاکستر محصول در این تحولات کمترین تغییر را داشت و بیانگر تثبیت آن حین عمل آوری بوده است. همانند پژوهش کنونی، سایر سوابق نیز نشان داده‌اند که اگرچه خشک سازی ماهی مستقیماً موجب افزایش پارامترهای مغذی ماهی نمی‌گردد، لیکن براساس وزن مرطوب و باتوجه به کاهش وزنی رطوبت، تغییراتی در

مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در ماهی تازه ۳۰/۶۶ g/100g بود که طی فرآیند خشک کردن به ۳۴/۲۹ g/100g افزایش یافت ($p < 0.05$). این افزایش در اسیدهای تک غیر اشباع (MUFA) نیز به ترتیب از ۳۲/۸۶ به ۳۶/۰۷ g/100g مشاهده شد ($p < 0.05$). مجموع اسیدهای غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) به ترتیب ۲۱/۷۶ و ۱۴/۵۰ g/100g در نمونه تازه و محصول خشک شده بود ($p < 0.05$). همچنین بین دو نمونه ماهی تازه و خشک شده در سری‌های ω-3 (به ترتیب با ۱۶/۱۰ و ۷/۳۷ g/100g) و ω-6 (به ترتیب با ۵/۵۷ و ۷/۱۳ g/100g) اختلاف معنی‌دار دیده شد ($p < 0.05$) با این توضیح که این مقادیر در نمونه خشک شده بالاتر بود، اما شاخص غیراشباعیت یا پلی ن در نمونه تازه (با ۰/۴۹ درصد) بیشتر از محصول خشک شده (۰/۱۴ درصد) برآورد شد ($p < 0.05$).

بحث

بررسی ترکیبات تقریبی

نتایج نشان داد مقادیر عددی پروتئین، چربی و خاکستر بر مبنای وزن تر ماهی تازه طی فرآیند خشک کردن

مطمئن جهت اندازه‌گیری فساد پیشنهاد نمی‌شود. این فاکتور تحت تاثیر سایر فاکتورهای شیمیایی، میکروبی و حسی قرار دارد (Hedayatifard, 2003).

میزان ازته‌های تام فرار (TVB-N) طی فرآیند خشک کردن و نیز دوره نگهداری محصول دودی شده افزایش یافته و از ۴/۲۶ به ۱۸/۳۰ در ماهی خشک رسیده و می‌تواند ناشی از کاهش رطوبت باشد؛ همانند TVN تغییراتی که در مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر مشاهده شده بود. بنابراین فرآیند وکیوم کردن موجب کند شدن روند تولید بازهای فرار می‌گردد. از سوی دیگر، تولید TVB-N می‌تواند به دلیل فعالیت باکتری‌های پروتئولیتیک و تولید بازهای آلی فرار همانند آمونیاک باشد (Fraser & Sumar, 1998). در نتیجه، ایجاد خلاء به دلیل کاهش رشد جمعیت باکتری‌ها، می‌تواند موجب کاهش تولید بازهای فرار نیز گردد. گزارش شده است که TVB-N فرآورده خشک علاوه بر اینکه در طول دوره نگهداری در دمای محیطی افزایش می‌یابد (Khodanazari & Shabanpour, 2010) حتی در درجه حرارت ۳ تا ۴ درجه سانتیگراد نیز رخ می‌دهد (Minh, 2007). از دیگر سو، هرچه درجه حرارت بکار برده شده برای خشک کردن آبزیان بیشتر و زمان حرارت دهی طولانی‌تر باشد، مقدار TVB-N تولید شده بیشتر خواهد بود (Ismail & Wooton, 1992; Moini & Jalili, 2011). یادآوری می‌گردد مکانیسم تولید مواد ازته فرار در فرآورده‌های خشک شده از ماهی بطور کلی متفاوت با مکانیسم تولید مواد ازته فرار در ماهی تازه می‌باشد. باتوجه به تعیین محدوده مصرف مناسب ۳۰ تا ۳۵ mg/100g برای مصرف نهایی محصولات عمل آوری شده (Hedayatifard, 2003, Ludroff & Meyer, 1973)، ماهیان خشک تحت خلاء در محدوده قابل مصرف قرار داشتند.

پارامترهای مذکور به وجود خواهد آمد (Kumolu-Johnson et al., 2010, Olayemi, et al., 2011).

ارزیابی تغییرات حسی

خشک کردن تغییری در شاخص‌های حسی ماهی کپور نقره‌ای بوجود نیاورد ولی بین ماهیان تازه و هر دو محصول خشک شده "بدون در نظر گرفتن نوع بسته بندی" در دوره نگهداری تفاوت دیده شد. نوع بسته بندی تحت خلاء و هوا نیز تفاوتی در شاخص‌های حسی بین دو نمونه محصول خشک نشان نداد. با اینحال، در مقایسه با نمونه تازه، بیشترین تغییرات در شاخص بو دیده شد. گزارش شده است که هنگام نگه داری ماهی خشک در سردخانه، روشنایی رنگ محصول به دلیل دناتوره شدن پروتئین کاهش می‌یابد و تولید رنگ زرد ناشی از اکسیداسیون پیگمانت‌ها و آنزیم‌ها است (Minh, 2007؛ درحالیکه Khodanazari و Shabanpour (۲۰۱۰) تغییر طعم و مزه محصول نمک سود خشک را طی دوره نگهداری گزارش کردند. از دیگر سو Moini و Jalili (۲۰۱۱) بهترین زمان مصرف محصولات خشک شیرین ماهی تون نگهداری شده در یخچال را ۲۰ روز پیشنهاد نمودند. احتمال دارد افت کیفیت در خواص ارگانوپتیک بیش از ۲۰ روز نگهداری به علت فعالیت مخمرها و کپک‌ها باشد (Doe, 1998). در زمان نگهداری محصول، هیدرولیز و اکسیداسیون چربی اتفاق می‌افتد که بر ماندگاری و پذیرش آن برای مصرف موثر است (Aubourg و همکاران، ۲۰۰۵). با اینحال در پژوهش کنونی شاخص‌های حسی تا روز ۳۰ نگهداری در یخچال در هر دو نوع بسته بندی در محدوده قابل مصرف قرار داشتند.

ارزیابی شاخص‌های شیمیایی

با خشک شدن ماهی pH آن تغییر نمی‌یابد (جدول ۳) ولی در دوره نگهداری ۳۰ روزه در سردخانه افزایش می‌یابد. افزایش pH می‌تواند ناشی از فعالیت باکتری‌های پروتئولیتیک و تولید بازهای فرار باشد. افزایش pH در دوره نگهداری محصول نمک سود خشک شده ماهی گزارش شده است (Khodanazari & Shabanpour, 2010). با این حال میزان pH به عنوان یک فاکتور

از سوی دیگر، شمارش کپک و مخمر حاکی از کاهش آنها هنگام خشک کردن حرارتی و برعکس افزایش در دوران نگهداری است. اعمال شوک حرارتی موجب توقف رشد باکتری‌ها و کاهش رشد کپک و مخمر است. از سوی دیگر بسته بندی تحت خلاء توانست رشد میکروارگانیسم‌ها را بطور کامل در دوره نگهداری در ۴ درجه سانتیگراد متوقف کند و یا کاهش دهد. در حالیکه ماهیان خشک نگهداری شده در بسته بندی معمولی مجدداً دچار افزایش جمعیت میکروبی شدند. به همین دلیل می‌توان نتیجه گرفت که میکروارگانیسم‌های غالب در محصولات شیلاتی خشک، همانند سایر مواد غذایی، از نوع هوازی هستند.

حرارت‌دهی موجب کاهش رطوبت و در نتیجه کاهش فعالیت آبی (a_w) گردیده (Mol et al., 2010) و در ادامه قرار گرفتن محصول با بسته بندی معمولی، آن را درمجاورت رطوبت محیط قرار داد و موجب رشد مجدد باکتری‌ها و کپک‌ها گردید. گزارش شده است که باکتری‌های سرمادوست می‌توانند در یخچال و درجه حرارت کمتر از ۷ درجه سانتیگراد هم رشد کنند (Lyhs, 2002). با این حال در پژوهش کنونی، بالاترین جمعیت کل باکتریایی در ماهی خشک کپور نقره‌ای با $\text{Log } 3/26$ cfu/g در روز ۳۰ و در نمونه بسته بندی معمولی به دست آمد که البته در محدوده مجاز بود. این میزان در فیله شور و خشک شده کوسه ماهی (*Carcharhinus sorrah*) بعد از خشک کردن در ۸۰ درجه سانتیگراد و ۲۴ ساعت به $\text{Log } 3/54$ cfu/g و بعد از ۶۰ روز نگهداری در دمای محیط به $\text{Log } 4/00$ cfu/g رسید و همین شرایط برای مجموع کپک و مخمر $1/28$ به $1/48$ $\text{Log } \text{cfu/g}$ بود (Guizani et al., 2008) که اثر مثبت فرآیند توام خشک کردن با روشهای دیگر از جمله شور کردن را نشان می‌دهد. در حالیکه Moini & Jalili (2011) فساد کامل میکروبی را در روز ۳۰ نگهداری در ۴ درجه سانتیگراد برای محصول خشک شیرین ماهی تون گزارش کردند و نهایتاً بهترین زمان مصرف آن را ۱۵ تا ۲۵ روز توصیه نمودند. با حرارت دادن و کاهش a_w به محدوده $0/62$ تا $0/80$ نیز قارچ‌ها قادر به فعالیت خواهند بود (Doe, 1998). همچنین در فرآورده خشک شده و حرارت دیده امکان تکثیر و رشد برای باکتری‌های

چربی غیراشباع بافت ماهیان چرب به آسانی توسط واکنشهای اکسیداسیون دچار تخریب و ایجاد تند^۱ در بو و طعم و تغییر در بافت و رنگ و ارزش غذایی می‌شود (Olafsdottir et al., 1997). حد مجاز مصارف انسانی برای PV و FFA به ترتیب $10 \text{ meqO}_2/\text{kfat}$ و ۵ درصد (Kirk & Sawyer, 1991) و برای TBA نیز ۵ mgMDA/K (Hedayatifard, 2003) پیشنهاد شده‌اند.

با اینکه هیچیک از شاخص‌های فساد چربی فرآورده خشک از میزان قابل مصرف تجاوز نکردند (جدول ۳)، ولی فقط در میزان FFA بین نمونه تازه و خشک شده اختلاف دیده نشد. با این حال در روز ۳۰ نگره داری بین نمونه‌های بسته بندی شده تحت خلاء و نمونه‌های معمولی در تمام شاخص‌های شیمیایی تفاوت دیده شد ($p < 0.05$).

علیرغم افزایش هر سه شاخص فساد چربی در دوره نگهداری ۳۰ روزه در یخچال (جدول ۳)، تمامی شاخص‌های فوق در ماهیان خشک شده بسته بندی تحت خلاء و معمولی در محدوده مطلوبی جهت مصرف قرار داشتند.

ارزیابی بار میکروبی

نتایج این پژوهش مشخص کرد با خشک کردن ماهی در بدو امر، در ۶۰ درجه سانتیگراد، جمعیت باکتری‌ها تغییر چندانی نمی‌کند ولی جمعیت کپک و مخمر کاهش می‌یابد (جدول ۴). لیکن در دوره نگهداری در دمای ۴ درجه سانتیگراد میزان باکتری‌ها و قارچ‌ها مجدداً به شدت افزایش پیدا می‌کند ($p < 0.05$). بنابراین بدو فرآیند خشک کردن رشد باکتری‌های عامل فساد را متوقف می‌کند و باعث افزایش ماندگاری ماهی می‌شود. عدم تغییر جمعیت باکتریایی می‌تواند ناشی از شکست حرارت در نفوذ به درون بافت گوشت ماهی و تشکیل لایه‌ای ضخیم ناشی از خروج مواد و تبخیر آب در روی سطح محصول و طولانی بودن زمان فرآیند و دادن فرصت به بازسازی جمعیت باکتری‌ها باشد. اما با توجه به کاهش نهایی رطوبت، نهایتاً رشد آنها کند می‌گردد.

^۱ Rancidity

برابر کاهش رسید. با این حال میزان اسیدهای چرب PUFA، UFA و امگا-۳ (ω-3) در ماهی کپور نقره‌ای خشک شده به ترتیب ۵۰/۵۶، ۱۴/۵۰ و ۷/۳۷ گرم در ۱۰۰ گرم چربی برآورد گردید که در محدوده فیله تازه ماهیانی همچون سوف^۳ (Hedayatifard & Jamali, 2008)، قزل آلا و ماهی سیم (Stansby, 1990) قرار می‌دهد. نکته مهم اینکه هیچ تفاوت معنی‌داری ($p>0.05$) در نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (UFA/SFA) در ماهی تازه و خشک شده مشاهده نشد. نوع فرآیند خشک کردن و تفاوت در درجه حرارت هنگام عمل آوری محصول در خشک کن و همچنین تفاوت در بافت چربی ماهیان مورد مطالعه می‌تواند بر روی اسیدهای چرب ماهیان موثر باشد (Doe, 1998). مطالعه بلند مدت ماهیان خشک شده در حین نگهداری در درجه حرارت محیط یا سردخانه در فصول مختلف، همانند آنچه در بازار عرضه این محصولات در شمال ایران جریان دارد، می‌تواند دورنمای بهتری از کیفیت این فرآورده‌ها را ارائه دهد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

خشک کردن مقادیر رطوبت را کاهش می‌دهد؛ اما اثری روی شاخص‌های حسی و جمعیت باکتریایی، pH و FFA ندارد. درحالی‌که موجب افزایش شاخص‌های TVB-N، PV و کاهش مجموع کپک و مخمر و ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع همانند PUFA، UFA و ω-3 می‌گردد. همچنین هنگام نگهداری فرآورده خشک در سردخانه تمام پارامترهای کیفی و شاخص‌های حسی نیز افت کردند. بار میکروبی محصولات خشک شده و بسته بندی شده تحت خلاء نسبت به نمونه‌های معمولی جمعیت کمتری داشتند. با اینحال هر دو محصول خشک شده بسته بندی معمولی و تحت خلاء در دوره ۳۰ روز نگهداری از شاخص‌های حسی و کیفی قابل قبولی برخوردار بودند.

سرمدوست و قارچ‌ها (کپک‌ها و مخمرها) وجود دارد. افزایش pH نیز موجب افزایش رشد باکتری‌ها می‌شود که در محدوده خنثی تا کمی قلیایی رشد خوبی دارند. حد مجاز تعداد باکتری در ماهی عمل آوری شده 10^6 واحد کلنی تشکیل شده در گرم و یا ۶ Log cfu/g می‌باشد (Hedayatifard, 2003) و نتایج بیانگر حفظ کیفیت محصول حین فرآیند و نیز نگهداری آن بوده است. لیکن با توجه به رشد پیوسته کپک و مخمر، به نظر می‌رسد پیشنهاد استفاده از بسته بندی، به ویژه تحت خلاء و یا کاهش دمای نگهداری پس از خشک کردن موثر است.

تغییر پروفایل و ترکیب اسیدهای چرب

همانگونه که ذکر شد فرآیند خشک کردن علاوه بر اینکه تاثیر زیادی بر میزان انواع اسیدهای چرب ماهی گذاشت (جدول ۵)، بلکه موجب تغییر در ترکیب اسیدهای چرب مفید ماهی کپور نقره‌ای نیز شد (جدول ۶). مهمترین این تغییرات افزایش در مجموع اسیدهای چرب SFA، MUFA و ω-6 و برعکس کاهش در اسیدهای چرب مهم و با ارزش PUFA، ω-3 بود ($p<0.05$). با این توصیف خشک کردن موجب کاهش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه و تبدیل آنها به اسیدهای چرب با اشباعیت کمتر شد. این امر در شاخص غیراشباعیت یا پلی‌ئن (DHA+EPA / C16) نیز صادق بود. تخریب اسیدهای چرب غیراشباع رابطه مستقیمی با درجه حرارت و مدت زمان حرارت دهی دارد و هرچه این دو فاکتور افزایش یابند، مقدار اکسیده شدن اسیدهای چرب غیراشباع بیشتر می‌شود و در نتیجه باعث افزایش عدد پراکسید می‌گردد (Cakli et al., 2006). یافته‌های Telahigue و همکاران (۲۰۱۳) عیناً مشابه نتایج کنونی بود که تغییرات گروه‌های مهم اسید چرب از جمله SFA، MUFA، PUFA، ω-3، ω-6 و نسبت این دو را هنگام خشک کردن در فیله انواع ماهیان گزارش کرده بودند. از طرفی Ben Smida و همکاران (۲۰۱۴) نیز مجموع اسیدهای چرب گوشت گل آذین ماهی^۲ تازه را ۴/۹۰ گرم در ۱۰۰ گرم چربی برآورد نمودند که پس از خشک کردن به ۰/۵۰ گرم در ۱۰۰ گرم چربی یعنی ۱۰

منابع

- Ackman, R.G., 1995.** Composition and Nutritive Value of Fish and shellfish Lipids, In: Fish and Fishery Products, Ruiter, A. (Ed.). (1st ed.). CABI Publication. NY. USA. P. 117–156.
- Akinwumi, F. O., M. E.Fesobi, I. O. Akinwumiand, A. and Adejuyigbe, A., 2011.** Effects of Sun and Oven Drying on the Proximate Value of African Mud Catfish, *Clarias gariepinus* (Siluriformes: Clariidae) Burchell, 1822. *Advances in Food and Energy Security*, 1: 2935 (Location of Journal: South Africa).
- Andres, A., S. Rodriguez-Barona, J.M. Barat and Fito, p., 2005.** Salted cod manufacturing: Influence of salting procedure on process yield and product characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69: 467-471.
- AOAC, 2005.** Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Current through Revision, AOAC International Suite 500481, Maryland USA, 20877-2417.
- Ashie, I.N.A., Smith, J.P., Simpson, B.K. and Haard, N.F., 1996.** Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36: 87-121.
- Astawan, M., Wahyuni, M., Yamada, K., Tadokoro, T. and Maekawa, A., 1994.** Changes in protein-nutritional quality of Indonesian dried-salted fish after storage, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volume 66, Issue 2, pages 155–161.
- Aubourg, S., Piñeiro, C., Gallardo, J. M. and Barros-Velazquez, J., 2005.** Biochemical changes and quality loss during chilled storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*. 90: 445–452.
- Bagheri-Mofidi, M., Jafarpour, S.A. and Motamedzadegan, A., 2014.** Functional properties of freeze-dried protein powder prepared from common carp (*Cyprinus carpio*), *Journal of Food Science and Technology*, 42(11): 117-128. (Abstract in English).
- Başlar, M., Kılıçlı, M. and Yalınkılıç, B., 2015.** Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique, *Ultrasonics Sonochemistry*, (27): 495–502.
- Ben Smida, M.A., Bolje, A., Ouerhani, A., Barhoumi, M., Mejri, H., El Cafsi, M. and Fehri-Bedoui, R., 2014.** Effects of Drying on the Biochemical Composition of *Atherina boyeri* from the Tunisian Coast. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1396-1404.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959.** A rapid method of total lipid extraction and purification, *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*; 37(8): 911-917.
- Burt, J.R .,1998.** The effects of drying and smoking on the vitamin content of

- fish. In: Burt, J.R. Ed. Fish Smoking and Drying. London, UK. Elsevier, pp: 53-61.
- Cakli, S. A.; Taskaya, L.; Celik, U.; Atamanic, C. A. and Cadun, A., 2006.** A study of production of crocket from *Tinca tinca* and its quality. EU. Journal of Fisheries and Aquatic Science. Vol. 29, pp. 85-96.
- Chukwu, O. and I.M., Shaba, 2009.** Effects of Drying Methods on Proximate Compositions of Catfish (*Clarias gariepinus*). World J. Agri. Sci., 5 (1): 114–116.
- Coad, B., 2015.** Freshwater fish of Iran, Esocidae, *Esox lucius*. ww.briancoad.com, Accessed on 5 Jan 2015.
- Darvishi, H., Azadbakht, M., Rezaeiasl, A. and Farhang, A., 2013.** Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 12 (2): 121–127.
- Doe, P.E., 1998.** Fish Drying and Smoking: Production and Quality. New York, NY: Taylor & Francis.
- Doe, P. and Olley, J., 1990.** Drying and dried fish products. In Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation. Chapter 8 p125-46. CRC Press Boca Ranton, Florida.
- Duan ZH, Jiang LN, Wang, J.L., Yu, X., and Wang, T., 2011.** Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. Food and Bioproducts Processing, 89: 472-476.
- Eves, A. and Brown, R., 1993.** The effect of traditional drying processes on the nutritional value of fish. Tropical Science, 33: 183-189.
- Eyo, A.A., 2001.** Fish Processing Technology in the Tropics. National Institute for Freshwater Fisheries Research, New Bussa, Nigeria, ISBN-13: 9781770457, Pages: 403.
- FAO, 2014.** The state of world fisheries and aquaculture: Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 243p.
- Fraser, O. P. and Sumar, S., 1998.** Compositional changes and spoilage in fish (part II), microbiological induced deterioration, Nutrition and Food Science, 6: 325-329.
- Fu X., Xu S. and Wang Z., 2009.** Kinetics of lipid oxidation and off-odor formation in silver carp mince: The effect of lipoxxygenase and hemoglobin. Journal of Food Research International, 42:85-90.
- Ghauomi Jooyani, E., Khoshkhoo, Zh., Motallebi, A.A. and Moradi, Y., 2011.** The Effect of different Cooking methods on Fatty acid Composition of Tilapia *Oreochromis niloticus* fillet, Iranian Scientific Fisheries Journal, 20(2): 108-121. (Abstract in English).
- Gould, G.W., 1995.** New Methods of Food Preservation. Chapman & Hall. Pub. UK.
- Guizani, N., Al-Shoukri, A.O., Mothershaw, A. and Shafiur-Rahman, M., 2008.** Effects of salting and drying on shark (*Carcharhinus sorrah*) Meat Quality Characteristics,

- Drying Technology, 26: 705–713,
- Hasegawa, H., 1987.** Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products, Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center in collaboration with Japan International Cooperation Agency, 226p.
- Hedayatifard, M., 2003.** Fish and Shrimp Processing Technology, Persia Fishing Industries Company, Tehran. 120 pp. (Abstract in English).
- Hedayatifard, M. and Aroujalian, M.R., 2010.** Improvement of shelflife for Stellate sturgeon fillet, *Acipenser stellatus*, under Modified Atmosphere Packaging (MAP) and vacuum conditions. Iranian Scientific Fisheries Journal, 19: 127-140. (Abstract in English).
- Hedayatifard, M. and Jamali, Z., 2008.** Evaluation of omega-3 fatty acids composition in Caspian Sea pike perch (*Sander lucioperca*). International Journal of Agriculture and Biology, 10(2):235-237.
- Hedayatifard, M. and Yousefian, M., 2007.** Investigation of the changes of lipid and fatty acid composition of Sturgeon *Acipenser stellatus* under cold storing condition. Fishery Technology, 44(2): 193-198.
- Horner, W.F.A., 1997.** Preservation of fish by curing, drying, salting and smoking. In G. M. Hall (Ed), Fish processing technology (2nd ed.). London: Blackie Academic and Professional, 32-73.
- Howgate, P. F. and Ahmed, S. F., 1972,** Chemical and bacteriological changes in fish muscle during heating and drying at 30 °C. J. Sci. 23: 5, pp 615–627.
- Hunt, A.O. and Tekelioglu, N., 2008.** Effect of dietary lipid sources on the growth and body fatty acid composition of Seabass (*Dicentrarchus labrax* L. 1758), Journal of Animal and Veterinary Advances; 7(8): 915-923.
- Ismail, N. and Wooton, M., 1992.** Fish salting and drying. A review. ASEAN Food Journal. Vol. 7, No. 4, pp. 175-183.
- ISO, 1999.** Meat and meat products, Measurement of pH, Reference method No: ISO 2917.
- Jay, J. M., 1990.** Modern Food Microbiology, 4th Ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York, 642p.
- Khodanazari, A. and Shabanpur, B., 2010.** The comparison of changes in physicochemical content, bacterial and organoleptic properties in fillet and gutted common carp *Cyprinus carpio* during pickle salting, Journal of Food Science and Technology, 7(3): 75-85. (Abstract in English)
- Kirk, R.S., Sawyer, R., 1991.** Pearson's Chemical Analysis of Foods. (9th Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK.

- Koral, S., Köse, S. and Tufan, B., 2009.** Investigating the Quality Changes of Raw and Hot Smoked Garfish (*Belone belone euxini*, Günther, 1866) at Ambient and Refrigerated Temperatures, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9: 53-58.
- Kumolu-Johnson, C.A., Aladetohun, N.F. and Ndimele PE. 2010.** The effects of smoking on the nutritional qualities and shelf-life of *Clarias gariepinus* (BURCHELL 1822). African Journal of Biotechnology. 9(1): 73-76.
- Ludroff, W. and Meyer, V., 1973.** Fische Und Fischerzeugnisse, Paul Parey Verlag, Hamburg-Berlin, 294p.
- Lyhs, U. 2002.** Lactic acid bacteria associated with the spoilage of fish products. University of Helsinki. Finland.
- Minh, N.V., 2007.** The Effects of Storing and Drying on The Quality of Cured, Salted Cod, Final Project, UNU-Fisheries Training Programme, Nha Trang University, Vietnam, 58p.
- Moini, S. and Jalili, S., 2011.** Production of *Tuna Candy* and determination of its Shelf life, Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources, (64) 3: 189-199. (Abstract in English)
- Moini, S. and Javaheri, M., 2004.** An Investigation on Usage of Osmotic Method for Drying Kilka, Iranian, J. Agric. Sci., 35(4): 901-909. (Abstract in English)
- Mol, S., Cosansu, S., Alakavuk, D.U. and Ozturan, S., 2010.** Survival of *Salmonella enteritidis* during salting and drying of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) fillets, International Journal of Food Microbiology, 139, pp. 36-40.
- Olafsdottir, G., Martinsdottir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B. and Undeland, I., 1997.** Methods to evaluate fish freshness in research and industry. Trends in Food Science and Technology, 8: 258-265.
- Olayemi Folorunsho, F., Adedayo, M.R., Bamishaiye, E.I. and Awagu, E.F., 2011.** Proximate composition of catfish (*Clarias gariepinus*) smoked in Nigerian stored products research institute (NSPRI): Developed kiln. International Journal of Fisheries and Aquaculture; 3(5): 96-8.
- Poulter, R.G., Ledward, D.A., Godber, S., Hall, G. and Rowlands, B., 1985.** Heat stability of fish muscle proteins, International Journal of Food Science & Technology, 20(2): 203-217.
- Raghunath, M.R., Sankar, T.V., Ammu, K. and Devadasan, K., 1995.** Biochemical and nutritional changes in fish proteins during drying, Journal of the Science of Food and Agriculture, 67 (2): 197-204.
- Rezaei, K., Hedayatifard, M. and Fattahi, E., 2014.** Identification and extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from smoked fish and their Effects on the quality, microbial, and fatty acid indexes,

Journal of Mazandaran University of Medical Sciences; 23(108): 109-21 (Abstract in English).

Stansby , M.E., 1990. Fish oils in nutrition. (1st Ed). AVI. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 313p.

Telahigue, K., Hajji, T., Rabeh, I. and El-Cafsi, M., 2013. The changes of fatty acid composition in sun dried, oven dried and frozen hake

(*Merluccius merluccius*) and sardinella (*Sardinella aurita*), African Journal of Biochemistry Research, Vol. 7(8), pp. 158-164.

Thippeswamy, S., Ammu, K. and Joseph, J., 2001. Changes in Protein during Drying of Milk Fish (*Chanos chanos*) at 60°C, Fishery Technology, Vol. 38(2) pp: 97 -101.

Sensory, chemical, microbial load and fatty acid composition changes of Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) after thermal drying process, vacuum packaging and storing in 4 °C

Hedayatifard M.*

* hedayati.m@qaemshahriau.ac.ir

Department of Fisheries, College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Qaemshahr branch, PO Box: 163, Qaemshahr, Iran.

Received: April 2015

Accepted: October 2015

Keywords: Drying, *Hypophthalmichthys molitrix*, Fatty acid, Quality

Abstract

The sensory attributes, chemical indices, microbial load and fatty acid composition of Silver carp were investigated as affected by thermal drying. The samples were dried at 60 °C for 4-24 h using a laboratory dryer, and stored at 4 °C. Temperature and time were recorded until moisture reduced to 35%. The products were packed under atmospheric and vacuum conditions. The results showed that there were no effects on sensory attributes, microbial load, pH and FFA. However drying significantly ($p<0.05$) affected TVB-N (4.26 to 18.30 mg/100g), PV (0.46 to 2.36 meqO₂/Kg) and TBA (0.032 to 0.105 mgMDA/Kg). Mold and yeast counts were significantly ($p<0.05$) decreased (1 to 0.50 Log cfu/g) after process. Saturated fatty acids (30.66 to 34.29 g/100g) and ω-6 fatty acids (5.57 to 7.13 g/100g) were significantly ($p<0.05$) increased due to drying, but in contrast unsaturated fatty acids (54.62 to 50.56 g/100g), ω-3 (16.10 to 7.37 g/100g) and Polyunsaturated fatty acids (21.76 to 14.50 g/100g) were significantly ($p<0.05$) decreased. However, all of qualitative parameters and sensory attributes were changed during storage. Microbial load of vacuum-packed dried fish were lower than atmospheric samples; qua bacteria and mold-yeast counts were significantly ($p<0.05$) increased from 2.05 to 3.26 and 1.06 to 3.52 Log cfu/g, respectively. The results showed that vacuum packaging did not affect sensory attributes. Both dried products had acceptable quality during 30 days of storage but the vacuum-packed were better than atmospheric packed.

* Corresponding author